

特约稿

汉麻——一种高值特种生物资源及应用

张 华^{1,2}, 张建春^{1,2}, 张 杰²

(1. 东华大学, 上海 201620; 2. 总后勤部军需装备研究所, 北京 100082)

摘要:汉麻作为一种特种生物资源,其开发涉及到众多产业,它的产业化将对国民经济建设产生深远的影响。本文在研究汉麻种植及纤维结构与性能的基础上,在汉麻纤维精细化加工、汉麻秆的产业应用、汉麻籽的综合利用等方面进行了深入的研究,为汉麻全面综合利用打下了坚实的基础。依托综合利用技术的研究成果,正在国内建立世界上第一个汉麻产业化基地,将形成绿色加工工艺,推动相关行业的技术进步。

关键词:汉麻;结构;性能;加工技术;产业化

引言

进入20世纪90年代以来,随着现代工业化规模不断壮大,产生的资源消耗和环境污染对人类生活造成越来越严重的影响。为此,人们提出了发展低碳经济的要求,即通过技术创新、制度创新、产业转型、新能源开发等多种手段,尽可能地减少煤炭石油等高碳能源消耗,减少温室气体排放,实现经济社会发展与生态环境保护双赢。发展低碳经济的重要途径之一,就是大力发展高值的、可再生的生物资源,而汉麻正是这样一种生物资源,它的综合利用将对纺织工业的产业结构调整,发展我国低碳经济起着重要作用,具有显著的现实意义。

1 汉麻的特点

汉麻可广泛应用于纺织、造纸、食品、医药、建筑、交通运输、国防军工等领域^[1]。作为一种传统的经济作物,它的纤维具有优异的吸湿排汗性、天然的抗菌保健性、优良的吸附性、卓越的抗紫外性和独特的吸波消音性^[2],它的秆芯木质化程度高^[3],可用于生产高价值生物添加剂、黏胶纤维、高档卷烟纸^[4]、木质陶瓷等,它的叶、花可用于生产多种药品,它的籽可榨取高档食用油^[5],或生产高档保健食品。通过几年的研究表明,汉麻作为一种可综合利用的高值生物资源,具有以下特点:

(1)汉麻的生态性。汉麻在我国种植已有数千年历史,在我国各地均可生长,与其它植物有良好的共生性,对地质要求不高,山坡地、荒地和盐碱地等都能种植,不与粮、棉、油争地。汉麻种植简单,病虫害少^[6],抗自然灾害的能力强,各种气候条件下均可实现高产稳产;

(2)汉麻的资源性。汉麻生物产量高,特别适合于和其它作物轮作间作。一季汉麻生长期仅为120天左右,但其生物产量就相当于一年速生林,汉麻韧皮纤维产量可达100公斤/亩以上,最高可达200公斤/亩。汉麻的韧皮、秆芯、花、叶和根均有很高的利用价值,是一种高值特种生物资源;

(3)汉麻的环保性。汉麻植物对重金属有很强的耐受力,研究表明,当土壤中镉含量达到800mg/kg时,对汉麻的生长没有明显的影响。汉麻对溶液中的铬离子、铜离子、银离子、镉离子的单层吸附能力分别为367mg/g、1157mg/g、89mg/g、140mg/g。因此,汉麻植物与汉麻纤维都是优秀的天然金属吸附剂,对水体和土壤起到了有效的自清洁作用;

收稿:2010-12-05; 修回:2011-1-10;

作者简介:张华(1969—),男,高级工程师,博士生,研究方向为纺织材料和纺织品的研发,E-mail: st.hua@263.net.

(4) 汉麻的低碳性。汉麻是一种优异的“碳汇”植物。测算结果显示, 1 公顷汉麻在 100 天的生长期内 CO_2 碳汇可达 25t, 远高于棉花(11t)。汉麻种植还具有显著的低碳性, 从种植到收获, 每吨汉麻排放 CO_2 仅为 544kg, 而棉花为 1680kg, 合成纤维生产过程中 CO_2 排放量比天然纤维高 10~20 倍。

汉麻开发涉及到众多以生物资源利用为主体的产业, 它的产业化将对国民经济建设产生深远的影响。一是在种植方面。汉麻种植简单, 对土地要求不高, 而且种植综合效益显著, 大面积的汉麻种植可以帮助老少边穷地区农民脱贫致富, 为国家的安全稳定, 建设社会主义新农村做出贡献; 二是纤维产量大, 据估算种植 1000 万亩汉麻可生产 75 万吨麻纤维, 可以替代 1/4 棉花的进口, 大大缓解我国纺织原料不足的问题, 并为纺织产业调整结构提供契机; 三是工业产值大。汉麻秆芯、叶、花、根均具有很大的应用潜力, 据测算, 1000 万亩汉麻全面综合利用后, 每年可为国家提供 75 万吨纤维、500 万吨木材、250 万吨木浆、50 万吨高档食用油, 实现工业产值 1000 多亿元, 利税 200 亿元以上, 并带动当地经济全面发展。

2 汉麻综合利用研究进展

汉麻生物资源的韧皮、秆芯、籽和叶、花等都有很高的利用价值。自 2003 年起, 在总后勤部的支持下, 总后勤部军需装备研究所开展了汉麻综合利用研究, 并取得了一系列的研究成果, 具体体现在以下几个方面:

2.1 汉麻植物的结构与性能研究

研究表明, 汉麻植物中含有多达 600 余种化学物质, 其主要活性物质则为各种酚类, 微量元素的能谱仪(EDS)分析和电感耦合等离子体发射光谱仪(ICP-AES)分析也发现植物中含有数十种微量金属元素。汉麻韧皮部占植物总重的 30% 左右, 韧皮中纤维素含量超过 70%, 其纤维具有独特的中空结构, 单纤维表面粗糙、有通达中腔的裂纹, 纤维壁中具有丰富的相互嵌套的孔穴。因此, 纤维的分子结构为以纤维素为主体, 少量木质素、酚类物质以及微量金属元素组成的具有立体网状结构的复合体。

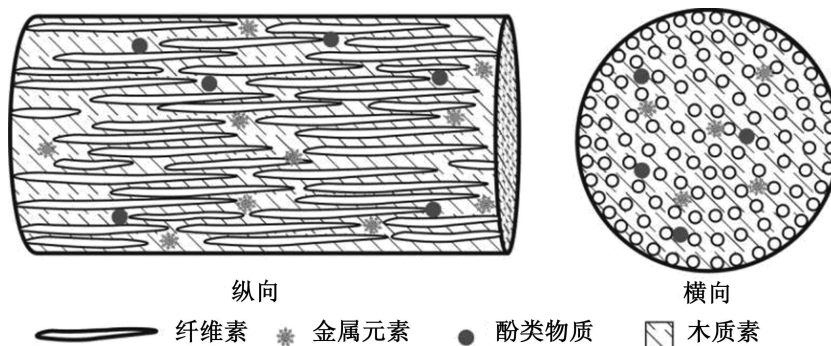


图 1 汉麻纤维分子结构模型

Figure 1 Structural model of hemp fiber

汉麻秆芯部占植物总重的 70%, 秆芯孔洞多且质地疏松, 其体密度约为 $0.1\text{g}/\text{cm}^3$, 中有空腔, 髓部较少, 其纤维素含量为 50% 左右, 木质素含量超过 20%, 木质化程度高, 是很好的木材替代材料。

汉麻全株均具有天然的抗菌性^[7], 这种天然的抗菌性是其长期的自然选择中生成的。独特的中空结构和丰富的孔穴, 赋予汉麻纤维优异的吸湿导湿性和吸音消波性^[8], 同样的孔穴结构也使汉麻纤维与汉麻秆芯对各种气体的吸附性增强, 可以很好地吸附环境中各类有害气体, 从而为其作为汽车内饰或家装材料的应用奠定了很好的基础。此外, 由于木质素具有良好的紫外线吸收特性, 汉麻纤维中含有的木质素也为其提供了极佳的紫外线防护性能。

2.2 汉麻纤维的加工技术研究

人类使用汉麻已有几千年的历史, 但在提取汉麻纤维的同时, 也会造成环境污染。传统的水沤法产生恶臭, 化学脱胶法中大量使用酸碱等都给环境带来严重的污染。以汉麻纤维结构与性能研究为指导, 结合汉麻纤维木质素含量高、各部位成分不尽相同的特点, 以采用物理方法解决化学问题为原则, 研制了

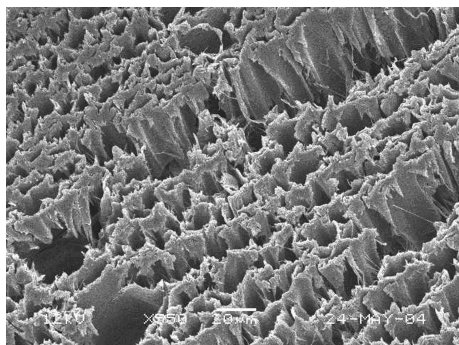


图2 汉麻秆芯部电镜照片
Figure 2 SEM photo of hemp stem

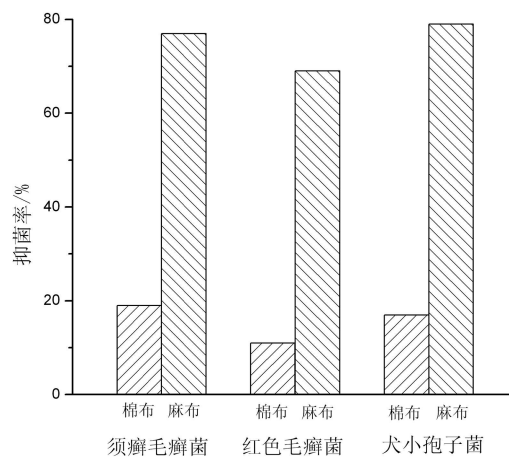


图3 汉麻与棉纤维抑菌性对比
Figure 3 Bacteriostatic between hemp and cotton

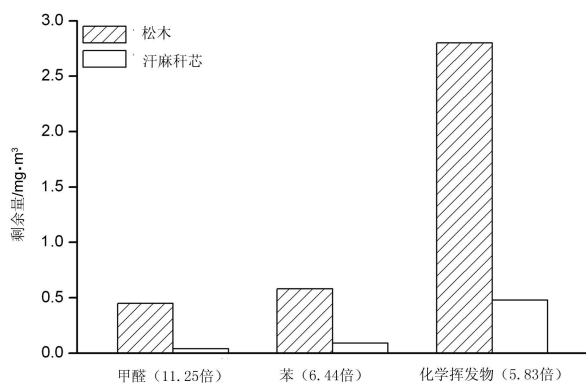


图4 松木及麻秆芯对有害物质的吸附性对比
Figure 4 Adsorbability of harmful substance on pinewood and hemp stem

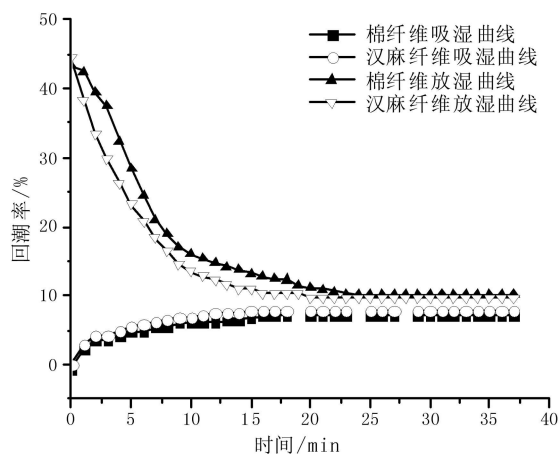


图5 相对湿度65%时汉麻纤维与棉纤维吸湿放湿曲线
Figure 5 Curve of moisture sorption & desorption(65%RH)

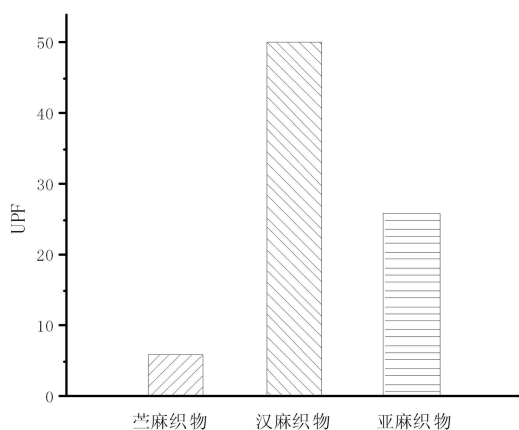


图6 几种麻织物的紫外防护系数
Figure 6 UPF value of different fabric

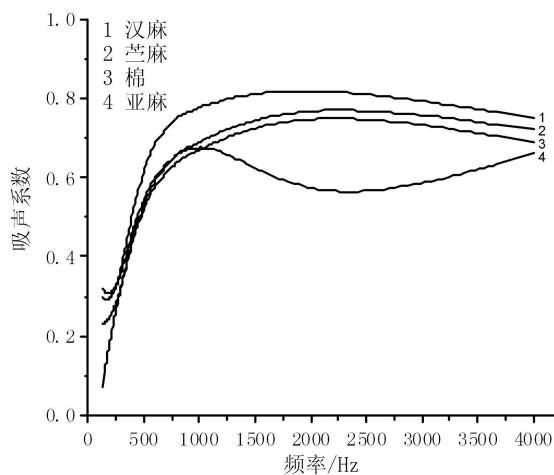


图7 几种织物的吸声系数
Figure 7 Acoustic absorption coefficient of different fabric

新型加工生产线和一整套汉麻纤维新型加工工艺,具体工艺流程为:汉麻鲜茎皮秆分离—机械脱胶—闪爆开松—生物脱胶—高温蒸煮—水洗—梳理—牵切—分梳分级。新的生产线和新工艺,解决了传统加工工艺难以将汉麻纤维做细做匀做软的难题,并实现了节能、减排的目标。



汗麻纤维加工厂全景图

高温蒸煮车间

梳理成条车间

图 8 采用新生产线和加工工艺的汉麻纤维加工厂

Figure 8 Processing plant of hemp fiber

2.3 汉麻秆芯超细粉体改性聚氨酯研究

汉麻秆芯具有丰富的孔穴结构,良好的吸湿性,采用超细汉麻秆芯粉对聚氨酯进行改性研究,可制备高性能防水透湿型聚氨酯。其关键技术点为:

(1)针对汉麻秆芯的特点,采用机械粉碎、气流粉碎、振动粉碎和气流分级技术,磨制出粒度为 600~1000 目的汉麻秆芯超细粉体;

(2)将木质纤维素超细粉体按照预处理—细化—活化—烘干—微细化—聚合改性—分离包装的工艺路线,制成具有微孔、透湿、反应性等多功能聚氨酯添加剂;

(3)将制备出的添加剂与聚氨酯、有机硅相混和,在一定条件下制备成涂层剂,这种涂层剂就具备了防水性、透湿性和耐老化性突出的特性。其高防水透湿机理主要是聚氨酯大分子链进入多孔的超细粉体,形成了类似八爪鱼的“微孔物理交联”,提高了聚氨酯的防水性;超细粉体优异的胀缩性形成了许多“孔穴”,减少了水分子传递的阻力,增加了透湿性。而其耐老化性机理则主要是超细粉体中所含抗菌成分抑制了聚氨酯生物酶的分解,所含木质素吸收紫外光抑制了光催化分解,微孔结构吸收结合水分减缓了聚氨酯的水解。

目前采用汉麻秆芯超细粉体改性的高防水透湿涂层胶已广泛用于各类涂层服装生产,并在我军多种面料和雨衣中得到应用。

2.4 汉麻秆黏胶纤维生产技术研究

研究表明,汉麻秆芯中纤维素含量约为 50%左右,与针叶木、阔叶木接近,木质素含量比木材低,采用汉麻秆芯生产黏胶纤维,不仅实现了生物质资源综合利用,而且可以缓解我国黏胶原料严重不足的问题。此外,生产出的黏胶纤维具有天然的抑菌性和防紫外性,是一种新型功能型黏胶纤维,附加值远高于普通棉短绒黏胶纤维。

2.5 汉麻秆芯防弹木质陶瓷研究

碳化硅陶瓷是国际防弹陶瓷研究领域内的热点,而采用多孔的汉麻秆芯粉压缩板为坯料,碳化后注硅,再通过 1500℃~1700℃高温进行反应性烧结制备出的碳化硅板材,既因为多孔结构而质量较轻,又可比传统的碳化硅陶瓷具有更高的防护性能,可广泛地用于防弹车、防弹帐篷、防弹插板等。以汉麻秆芯

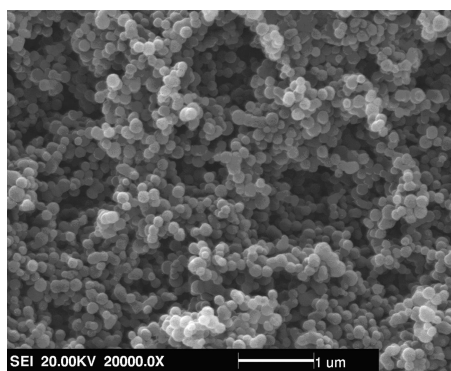


图 9 汉麻秆芯超细粉体聚氨酯添加剂电镜照片

Figure 9 SEM photo of hemp stem superfine

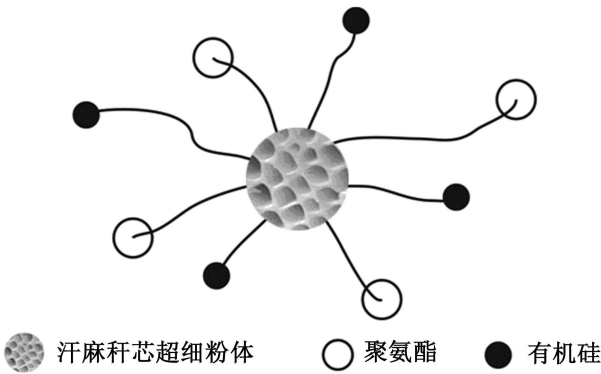


图 10 汉麻秆芯超细粉体的微孔物理交联作用示意图
Figure 10 Physical crosslinking of hemp stem superfine

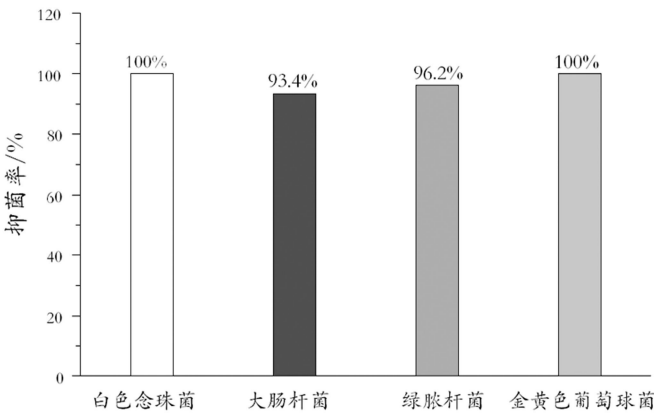


图 11 汉麻秆芯黏胶纤维抑菌性测试结果
Figure 11 Antibacterial ability of hemp viscose fiber

制备的碳化硅防弹插板,与我军现装备的三氧化二铝防弹插板相比,不仅防护系数有所提高,而且每块轻 400g,对减轻战场士兵战斗携行重量,提高防护水平具有重要意义。

表 1 各种陶瓷防弹性能测试结果
Table 1 Bulletproof properties of different ceramics

材料名称	样品密度 g/cm ³	防护系数
汉麻秆芯碳化硅陶瓷	2.90~2.98	9.8~10.7
传统反应烧结碳化硅陶瓷	3.00~3.05	9.5~11.0
无压烧结碳化硅陶瓷	3.17~3.18	9.5~10.8
三氧化二铝陶瓷	3.72~3.77	7.0~8.2
碳化硼陶瓷	2.5	13~15

2.6 汉麻秆芯活性炭

汉麻秆芯具有轻质多孔结构,因此是生产活性炭的最佳原料之一,以汉麻秆芯为原料生产的活性炭,比表面积都在 2000m²/g,最高可达 3400m²/g,是目前已知性能最好的活性炭之一,可广泛应用于防化服和工业防毒服。而且采用纳米二氧化钛光触媒技术,在紫外光作用下,汉麻秆芯活性炭能够很好地分解甲醛、二噁英等有害气体,其分解率可达 60%以上。

2.7 汉麻增强复合材料研究

汉麻纤维比重小、单纤强度高、耐热性好,是理想的纤维增强材料。采用汉麻加工中的落麻作为增强材料,聚丙烯(PP)作为基体材料,研究开发汉麻增强聚丙烯复合材料,可用于活动营房的外围护结构内

衬板、隔断板、结构顶板及部分军用给养包装材料和车辆方舱内饰板,具有重要的经济价值。

表 2 汉麻秆芯活性炭与竹炭性能对比测试结果

Table 2 Property contrast between hemp and bamboo activated carbon

品名	比表面积/($\text{m}^3 \cdot \text{g}^{-1}$)	吸附碘值 m^2/g	亚甲基蓝吸附 mg/g	苯酚吸附 mg/g
竹活性炭	320	540	158	508
汉麻秆芯活性炭	1896	2119	491	1890



图 12 50%秆芯粉和 50%PVC/PE 制备的室外平台

Figure 12 Building materials made from 50% hemp stem powder and 50% PVC/PE

2.8 汉麻籽应用研究

汉麻籽具有丰富的营养成份,汉麻籽蛋白富含人体必须的八种氨基酸,被美国人称为“全蛋白粉”,汉麻籽榨出的油,不饱和脂肪酸含量达到 90%以上,特别是富含的 γ -亚麻酸和亚麻酸,是全世界营养学家都推荐食用的脂肪酸。采用汉麻籽蛋白或汉麻籽油作为食品原料,可以有效调节食品的营养结构,提高食品的保健功能。

表 3 汉麻籽蛋白中氨基酸含量测试结果

Table 3 Amino acid content in hemp protein

氨基酸	苏氨酸	缬氨酸	蛋氨酸	赖氨酸	亮氨酸	色氨酸	异亮氨酸	苯基丙氨酸
含量 mg/g	3.7	3.0	2.6	1.5	7.1	3.5	0.6	4.3

表 4 汉麻籽油中不饱和脂肪酸含量测试结果

Table 4 Unsaturated fatty acid content in hemp oil

不饱和 脂肪酸	油酸 (ω -9)	亚油酸 (ω -6)	γ -亚麻酸 (GLA)	亚麻酸 (ω -3)
含量%	12.0	56.9	1.7	18.9

3 汉麻产业化展望及目标

汉麻特种生物资源综合利用创新技术研究,已引起了国内外广泛关注。2008 年 10 月,应联合国粮农组织邀请,项目首席科学家张建春赴罗马参加该组织举办的天然纤维论坛,并作了《汉麻特种生物资源在中国》专题报告,报告中有关汉麻研究成果及其产业化应用情况,得到了与会专家的强烈反响。2009 年 4 月,联合国粮农组织在考察了解了我国汉麻种植及产业发展情况后认为,汉麻种植简单、对土壤要求

低,长期种植有利于土壤改良,因此汉麻种植能够利用贫瘠土地,大大减少天然纤维生产中农田杀虫剂的使用量,为百万小型农户带来额外收入。2010年6月,以汉麻综合利用产业化为目标的“高值特种生物资源产业技术创新战略联盟”被科技部批准成立,联盟将通过高值麻类生物资源综合利用关键技术研究,创建汉麻农业工业化的生产模式,推广汉麻在中西部等贫困地区规模化种植生产,形成绿色加工工艺,构建汉麻特种生物资源综合开发利用的产业化生产体系,为下一步形成行业技术创新体系的示范产业集群,推动相关行业的技术进步,促进汉麻成为一种国家基础性战略生物资源奠定基础。

在研究的基础上,国内正在筹建第一个种植规模达100万亩的汉麻产业化基地,基地预计年产麻皮15万吨,麻秆100万吨,并配套建设汉麻纤维加工厂、汉麻秆芯黏胶厂、汉麻秆芯超细粉体加工厂、汉麻秆芯木质陶瓷厂、汉麻秆芯复合材料厂、汉麻秆芯活性炭厂和汉麻籽加工厂等七个工厂,产业预计总投资60亿,建成后,合计总产值150亿,其中农民收入23亿元左右。这一产业基地的建成,将形成一个以特色农业为基础,以新型工业化综合开发利用为主体的“新兴绿色产业”。

参考文献:

- [1] 张建春,张华,张华鹏,郭玉海.汉麻综合利用技术.北京:长城出版社,2005;1~5.
- [2] 张建春,张华,来侃,郝新敏,马天,张杰,季英超,严自力,周永凯,孙润军.汉麻纤维的结构与性能.北京:化学工业出版社,2009;14~18.
- [3] 宋善军,张美云,聂勋载.中国造纸学报,1994,9;72~79.
- [4] 杨红穗,张元明.纺织学报,1999,20(4);62~64.
- [5] Oomaha B D, Bussonb M, Godfrey D V, Drovera J C G. Food Chem, 2002, 76;33~43.
- [6] Ingle N P. 国外纺织技术,2001,1;7.
- [7] 周永凯,张建春,张华.纺织学报,2007,6;12~15.
- [8] 徐凡,张辉,张华.西安工程大学学报,2009,1;5~9.

Hemp—A High Value Biological Resource and its Application

ZHANG Hua^{1,2}, ZHANG Jian-chun^{1,2}, ZHANG Jie²

(1. Donghua University, Shanghai 201620, China; 2. The Quartermaster
Institute of the General Logistics Department of PLA, Beijing 100082, China)

Abstract: As a special biological resource, the development of hemp is involved in many fields and its industrialization will give an impetus to national economy. Based on study of hemp cropping and structure and properties of fiber, fine processing of hemp fiber, industrial application of stem and comprehensive utilization of seed have been well researched. With the help of previous work, first hemp industrialization station in world is building and it will contribute to an eco-friendly process and technology improvement of associative industry.

Key words: Hemp; Structure; Property; Processing technique; Industrialization